

Бергеман Г. В. /к. т. н./
 ПАО «ЕВРАЗ ДМЗ им. Петровского»

Производство крупногабаритного П-образного профиля на рельсо-балочном стане «800»

В условиях прокатного производства ПАО «ЕВРАЗ ДМЗ им. Петровского» разработан и освоен способ горячей прокатки крупногабаритного П-образного профиля с отогнутыми краями и вертикальной осью симметрии, используемого в шахтостроении для крепления подземных горных выработок. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: П-образный прокатный профиль, линейный рельсобалочный стан «800», профилегибочный калибр, угол сворачивания стенок раската профиля, нейтральная линия калибров

In terms of rolling production of PJSC «EVRAZ DMP Petrovsky» developed and mastered way of hot rolling oversized П-profile with curved edges and a vertical axis of symmetry used in mine building excavation support.

Keywords: П-shaped profile rolling, linear rail-beam mill «800», profilegibochnyj caliber folding wall angle of roll profile, the neutral line calibers

Постановка задачи

В современных производственных условиях для каждого металлургического предприятия актуальными задачами являются: постоянное совершенствование технологических процессов, внедрение в производство новых технологий и технических решений, позволяющих расширять сортамент, снижать затраты и повышать рентабельность готовой продукции.

В настоящее время, согласно ГОСТ 18662-83, параметрический ряд горячекатаных специальных взаимозаменяемых профилей (СВП), используемых в шахтостроении для крепи подземных горных выработок, обладающих П-образной формой с отогнутыми краями и вертикальной осью симметрии, представлен 6-ю типоразмерами. При этом самым крупногабаритным из них является прокатный профиль СВП № 33.

Учитывая тот факт, что глубина горизонтов добычи угля постоянно увеличивается и это требует использования более прочной крепи, существует устойчивый спрос на производство данного профилеразмера СВП [1]. Основные технические характеристики прокатного профиля СВП № 33 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики профиля СВП № 33 по ГОСТ 18662-83

Площадь поперечного сечения, (см ²)	Линейная плотность, (кг/м)	Справочные значения для осей			
		Момент инерции J, (см ⁴)		Момент сопротивления W, (см ³)	
S	ρ	J _x	J _y	W _{x(min)}	W _y
42,53	33,39	999,5	1228,0	138,5	148

Согласно табл. 1, для данного номера крупногабаритного прокатного профиля СВП характерны высокие показатели моментов сопротивления, и соответственно значительное сопротивление кручению и действию пространственных нагрузок, вызывающих сложный изгиб.

Сегодня имеется тенденция увеличения геометрических размеров и усложнения конфигурации составных структурных элементов, формирующих поперечное сечение профиля – стенок, полки (днища) и концов отогнутых краев (кулачков). Это приводит к существенному увеличению геометрических размеров не только высоты $H_{(к)}$, но и ширины $S_{(к)}$ практически всех калибров, в которых формируется данный прокатный профиль.

Вследствие значительного увеличения периметров калибров, задействованных для прокатки данного крупногабаритного профиля, значительно возрастают боковые обжатия стенок формирующегося раската, увеличивается давление металла на валки, возрастают энергосиловые параметры прокатки. Кроме того, значительная высота раскатов СВП № 33 неизбежно приводит к увеличению начальных диаметров, массы и расхода прокатных валков.

Соответственно, из-за возникающей необходимости выполнения глубоких врезов в теле прокатных валков, формирующих черновые и чистовые калибры, требуется прилагать значительные силы прокатки для их полного заполнения металлом и получения требуемых геометрических размеров, чего не всегда возможно добиться в условиях среднесортных и крупносортовых прокатных станов.

Целью работы является разработка и освоение в условиях линейного рельсобалочного стана «800» ПАО «ЕВРАЗ ДМЗ им. Петровского» способа производства крупногабаритного П-образного профиля СВП № 33 с отогнутыми краями и вертикальной осью симметрии, путем выбора рационального соотношения высоты и ширины исходной заготовки, определения в группе калибров чистовой клетки стана «800» рациональных значений углов α между внешней прямолинейной поверхностью стенок раската данного П-образного профиля и вертикалью, и обеспечения изготовления данного типоразмера прокатных профилей СВП с минимальным расходом прокатных валков, металла и потребляемой энергии.

Анализ последних исследований и публикаций

Существующие в СНГ схемы прокатки специальных взаимозаменяемых профилей (СВП), положительно зарекомендовавшие себя на российских металлургических предприятиях ОАО «НКМК», ОАО «ЕВРАЗ-НТМК», а также в Украине на МК «Азовсталь», используемые при производстве всего параметрического ряда СВП, для каждого отдельно взятого профилиразмера предусматривают, как правило, использование разрезного и последующих 8-10 фасонных калибров [2-3].

На полунепрерывном стане «600» ПАО «АМК», при разработке технологии производства и калибровок валков СВП № 19-33, используется схема и методика расчета [4-5], в соответствии с которой при производстве данных 4-х профилиразмеров были приняты общие разрезной и несколько последующих фасонных калибров.

Вместе с тем необходимо отметить, что конструктивные отличия имеющиеся в схемах прокатки, задействованных при производстве профилей СВП, объясняются особенностями технологического оборудования прокатных станов и различными инженерными подходами к решению задачи проектирования калибровки валков.

Результаты работы

Разработанный в рельсобалочном цехе (ПЦ-1) ПАО «ЕВРАЗ ДМЗ им. Петровского» способ калибровки и прокатки крупногабаритного специального взаимозаменяемого профиля СВП № 33 включает в себя:

- первоначальную деформацию металла исходной заготовки в первом открытом подготовительном калибре черновой клетки трехклетьевого линейного стана «800»;
- формирование раската во втором открытом разрезном калибре черновой клетки стана «800»;

- последующую прокатку раската в закрытых и полужакрытых (открытых) калибрах № 3-8 черновой и чистовой клетей, с их соответствующим чередованием, для получения заданной формы элементов, формирующих поперечное сечение профиля;

- окончательное формирование элементов готового профиля, с существенным уменьшением его ширины, а именно сворачивание (сгибание) стенок раската профиля в чистовом профилигибочном калибре № 9.

На первоначальном этапе была выбрана схема прокатки и определены габаритные размеры калибров стана «800». После этого в своем поперечном сечении был условно разбит на три структурных элемента (участка) – стенку, полки и замковые соединения (кулачки). Затем для каждого калибра были назначены коэффициенты деформации и определены геометрические размеры элементов профиля. После выполнения предварительного расчета калибровки была составлена схема прокатки и проведен окончательный расчет калибровки, в основу которой был положен принцип поступательного сгибания полок раската в предчистовых и чистовых фасонных проходах.

Рассмотрим разработанный способ производства крупногабаритного профиля СВП № 33 на рельсобалочном стане «800» ПАО «ЕВРАЗ ДМЗ им. Петровского». На 3-х клетьевом рельсобалочном стане «800» с линейным расположением клетей производится прокатка данного крупногабаритного профиля П-образной формы с отогнутыми краями и вертикальной осью симметрии.

Исходную заготовку – блюмс прямоугольной формы, с соотношением высоты к ширине $H_0 / B_0 = 0,897$ из стали марки 5пс или 5сп, сформированную в 5 калибрах блюминга «1050», прокатывают с температурой нагрева (1110-1180 °С) в подготовительном № 1, разрезном № 2, профилирующем № 3, первом и втором черновых № 4-5, контрольном (открытом) № 6, промежуточном № 7, предчистовом № 8 и чистовом № 9 фасонных калибрах, расположенных в черновой и чистовой клетях рельсобалочного стана «800» (рис. 1).

Выбранное экспериментальным способом соотношение высоты H_0 прямоугольной заготовки к ее ширине B_0 равное 0,897 является оптимальным для данного способа, так как данная зависимость позволяет в черновой группе калибров обеспечить минимально возможную глубину врезов в тело их формирующих прокатных валков. При этом высота H_0 определяется исходя из максимально возможной величины обжатия и уширения металла в первом калибре черновой клетки стана «800».

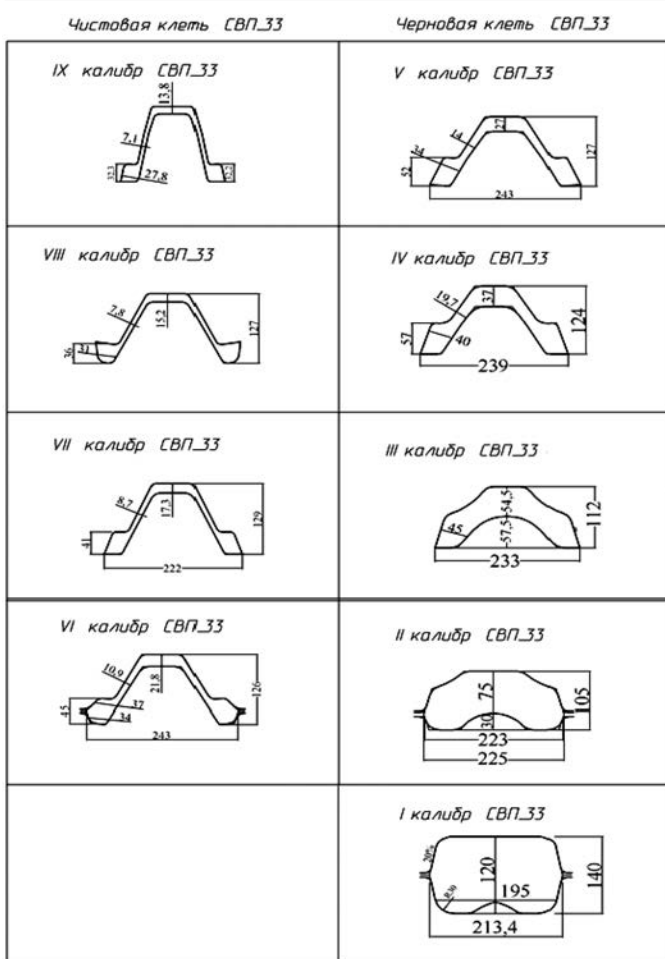


Рис. 1. Структурная схема расположения и компоновки калибров на рельсобалочном стане «800», задействованная при производстве крупногабаритного П-образного прокатного профиля СВП № 33 для крепления горных выработок

После прокатки исходной заготовки в подготовительном № 1 и разрезном № 2 калибре черновой клетки стана «800», в 3-ем по ходу прокатки профилирующем (кривополочном) калибре № 3 начинает формироваться общая конфигурация составных структурных элементов П-образного профиля – его стенок, полки (днища) и концов отогнутых краев (кулачков).

В дальнейшем, при прокатке в черновых калибрах № 4 и № 5 формируются основные контуры составных элементов раската профиля, так как в них уже четко обозначены углы α между внутренней поверхностью стенок раската профиля и вертикалью, составляющие соответственно 34° и 32° .

Затем раскат шлепшерами подается в чистовую клеть линейного стана «800», в открытый контрольный калибр № 6, главное предназначение которого – обеспечить окончательное формирование концов отогнутых краев (кулачков) данного крупногабаритного П-образного профиля.

Данный калибр открытого типа (рис. 2) представляет возможность за счет регулировки обжатий (в пределах 2 мм) избегать неравномерного заполнения (или переполнения) правого или левого концов кулачков раската профиля. При этом угол α между внутренней поверхностью полок раската профиля и вертикалью в данном калибре составляет величину $29^\circ 55'$.

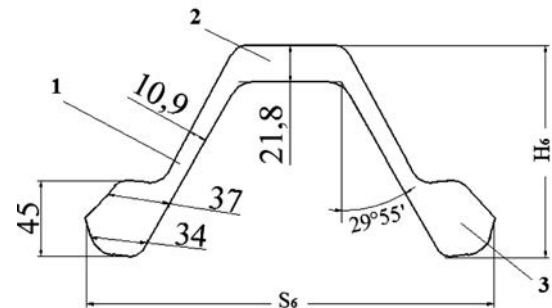


Рис. 2. Поперечное сечение раската крупногабаритного П-образного профиля, сформированное в контрольном калибре № 6 открытого типа:

1 – стенка; 2 – полка (днище); 3 – замковый элемент (кулачок)

После контрольного калибра раскат поступает в промежуточный № 7 и предчистовой калибр № 8. В данных калибрах на 25-30 % утоняется полка (днище) и стенки раската, а также на 16,5 % изменяется (снижается) высота концов отогнутых краев (кулачков), при этом угол «сворачивания» стенок раската в 7-м – 8-м калибрах незначителен и составляет всего 2° .

Прокатку крупногабаритного П-образного профиля СВП № 33 завершают в чистовом калибре № 9 чистовой клетки линейного стана «800» (рис. 3), с интенсивным «сворачиванием» стенок раската и окончательным формированием его элементов – стенок, полки и кулачков, с углом α между внутренней поверхностью полок и вертикалью, составляющим 11° .

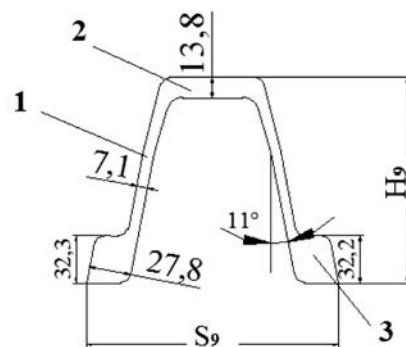


Рис. 3. Поперечное сечение раската профиля СВП № 33, сформированного в закрытом чистовом профилегибочном калибре № 9:

1 – стенка; 2 – полка (днище); 3 – замковый элемент (кулачок)

ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В дальнейшем, остывший без принудительного охлаждения на холодильнике стана «800», прокатный профиль подвергается холодной правке на роликоправильной машине и поступает на участок отделки готового проката для осмотра, сортировки, приемки и отгрузки потребителю. Основные габаритные параметры раскатов профиля СВП № 33, формирующие периметры 9-ти калибров линейного стана «800», приведены в табл. 2.

Согласно табл. 2, в первых 5-ти калибрах, сформированных валками черновой клетки линейного стана, незначительная разница (35 мм) между их максимальной H_1 (140 мм) и минимальной H_2 (105 мм) высотой, говорит об их рационально подобранной конфигурации. В последующих 4-х калибрах чистовой клетки стана, разница между максимумом (H_5) и минимумом (H_6) высоты калибров составляет (11,5 мм) и получена за счет высоты (H_9) чистового калибра, непосредственно формирующего готовый прокатный профиль.

В процессе первой опытной прокатки СВП № 33 наблюдалось неравномерное (несимметричное) заполнение правого и левого замковых элементов (кулачков). При этом одна сторо-

на переполнялась, а другая не заполнялась металлом, что происходило из-за того, что в процессе прокатки во втором разрезном черновом калибре раскат не центрировался, а «сваливался» на одну из сторон.

Следует отметить, что допуск по высоте кулачка +1,0 мм сложно выдержать при особенностях настройки линейного стана «800», когда одновременно корректируется настройка всех калибров клетки стана.

Необходимо также отметить достаточную сложность настройки черновой и чистовой клеток линейного стана «800», так как для разработанного способа производства крупногабаритных профилей П-образной формы с отогнутыми краями и вертикальной осью симметрии не имеется возможности проведения независимой регулировки обжатий в отдельных калибрах клеток линейного стана, в отличие от крупносортовых и среднесортовых прокатных станов с последовательным расположением обжимных клеток.

Суммарный коэффициент вытяжки и коэффициент высотного обжатия полки (днища), полученные по разработанному способу для СВП № 33, представлены в табл. 3.

Таблица 2

Габаритные размеры раскатов СВП № 33

Название и номер калибра	Высота раската по проходам $H_{(1-9)}$, мм	Ширина калибра $S_{(1-9)}$, мм	Угол между внутренней поверхностью полок и вертикалью α , град.
Подготовительный № 1	140	213	-
Разрезной № 2	105	225	-
Профилирующий № 3	112	233	-
Первый черновой № 4	124	239	34°
Второй черновой № 5	127	243	32°
Открытый контрольный № 6	126	243	29°55'
Промежуточный № 7	129	222	24°
Предчистовой № 8	127	232,2	26°
Чистовой № 9	137,5	167,5	11°

Таблица 3

Коэффициенты деформации для СВП № 33

Наименование параметра	Прокатный профиль СВП № 33
Высота заготовки (толщина стенки) H_0 , мм	175
Ширина заготовки B_0 , мм	195
Площадь поперечного сечения заготовки F_0 , мм ²	34125
Площадь поперечного сечения профиля F_8 , мм ²	4253
Суммарный коэффициент вытяжки $\mu = F_0 / F_8$	8,023
Толщина днища готового профиля d_8 , мм	14,5
Коэффициент высотного обжатия днища H_0 / d_8	12,068

Выводы

1. Выбранные экспериментальным способом значения высоты $H_{(1-9)}$ и ширины калибров $S_{(1-9)}$ черновой и чистовой клетки линейного стана «800», а также значения углов α между внутренними стенками раската профиля и вертикалью, обеспечивают рациональное соотношение периметров калибров и не позволяют получать в них узкие и высокие раскаты формирующегося крупногабаритного профиля П-образной формы с отогнутыми краями и вертикальной осью симметрии.

2. Разработанная схема компоновки и периметров калибров обеспечивает устойчивое центрирование и удерживание раската формирующегося крупногабаритного фасонного профиля СВП № 33 в калибрах черновой и чистовой клеток линейного стана «800» и выполнение заданных геометрических размеров элементов профиля.

3. Использование предложенного способа позволит только за счет расположения калибров в двух клетях 3-х клетьевого линейного стана «800» существенно снизить расход прокатных валков и энергии на деформацию металла в данных фасонных калибрах на 10-12 %.

Библиографический список

1. Бергеман Г. В. Особенности производства профиля СВП № 33 на линейном стане «800» / Г. В. Бергеман, М. В. Краев, А. И. Бубенок, А. А. Самсоненко // Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. – 2011. – № 3 (28). – С. 168-170.

2. Илюкович Б. М. Прокатка и калибровка: справочник. Том 5 / Б. М. Илюкович, Н. Е. Нехаев, В. П. Капелюшный. – Днепропетровск: РИА «Днепр-Вал», 2004. – 375 с.

3. Шум Б. М. Калибровка экономичного профиля СВП № 17 для крепления горных выработок / Б. М. Шум // Сталь. – 1962. – № 3. – С. 243-246.

4. Технологические особенности производства специальных взаимозаменяемых профилей / М. Б. Луцкий, И. К. Дорожко, В. А. Луценко и [др.] // Сталь. – 2006. – № 6. – С. 81-84.

5. Особенности методики расчета калибров П-образных профилей с растяжением боковых стенок / М. Б. Луцкий, А. А. Чичкан, В. А. Луценко, Н. Н. Лигус // Черная металлургия: Бюл. НТИ. – 2007. – Вып. 6. – С. 55-59.

Поступила 22.09.2014

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
«Металлургическая и горнорудная промышленность»



Единственное в Украине специализированное издание, освещающее вопросы научной и практической деятельности специалистов горно-металлургического комплекса, а также все проблемы ГМК. Журнал издаётся с 1960 г. Распространяется по подписке в Украине и за рубежом.

Тираж – 1000 экз.

Индекс: 74311 – журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность» на рус. языке. Стоимость годовой подписки (6 номеров) – **2 670 грн**;

Индекс: 49501 – журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность», CD-ROM. Стоимость годовой подписки (6 номеров) – **1 944 грн**;

Главная задача журнала – рекламная поддержка передовых технологий и разработок, публикация информации о новейших научно-технических достижениях исследовательских коллективов, институтов, предприятий и организаций ГМК Украины.

ЖУРНАЛ ДЛЯ ТЕХ, КТО РАБОТАЕТ В МЕТАЛЛУРГИИ И ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ!

Стоимость рекламы (в гривнях):

Площадь, формат	Чёрно-белая	Полноцветная
1 стр. обложки (A5)		7 000
4 стр. обложки: страница (A4)	–	5 000
на страницах журнала: страница (A4)	1 000	2 000
½ стр.	500	1 000

Вложение в журнал рекламных листовок: A4 – 1 грн; A5 – 0,5 грн.

Публикация статьи на правах рекламы – 750 грн за страницу.

Адрес редакции:

49027, Днепропетровск, ул. Дзержинского, 23,
 тел/факс (0562) 46-12-95, (056) 744-81-66.

E-mail: metinfo@metinform.dp.ua; office@metajournal.com.ua; <http://www.metajournal.com.ua/>